

УДК 621.224-225.12; 621.311.2.21

Мирослав Зінь, к.т.н., доц., Юрій Підгайний

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна
Національний університет водного господарства та природокористування (м. Рівне),
Україна

ВИСОКОШВИДКІСНІ ГІДРОТУРБИНИ З ТРЬОМА АБО ДВОМА ЛОПАТЯМИ НА РОБОЧОМУ КОЛЕСІ ДЛЯ НИЗЬКОНАПІРНИХ МІКРОГЕС

У статті запропоновано шляхи вирішення проблеми створення безредукторних гідроагрегатів для низьконапірних мікроГЕС, які оснащені серійними асинхронними електрогенераторами

Ключові слова: мікроГЕС, турбіна, висока швидкохідність, низький напір

Myroslav Zin, Ph.D., Assoc. Prof., Yurii Pidhainyi

HIGH-SPEED HYDRO TURBINES WITH THREE OR TWO BLADES ON THE IMPELLER FOR LOW-PRESSURE MICROHYDROELECTRIC POWER STATIONS

The article suggests ways of solving the problem of the creation of non-gear hydraulic units for low-pressure micro-hydroelectric power stations equipped with serial asynchronous power generators

Keywords: micro-HEP, turbine, high-speed, low pressure

Мала гідроенергетика розвивається швидкими темпами. У випадку правильного проектування вона не наносить жодної шкоди довкіллю [1]. Вводяться в експлуатацію все нові й нові мікро- та мініГЕС. У 2018 році почала працювати Чортківська мініГЕС на р. Серет (горизонтально-осьова турбіна Каплана з подвійним регулюванням виробництва компанії WTW (Польща), діаметр ротора – 1640 мм, кількість лопатей на робочому колесі – 3, корпус турбіни – зварна трубна конструкція типу S, генератор – асинхронний потужності 250 кВт, напір – 2,7 м). У квітні 2019 року введено в дію мікроГЕС потужності 105 кВт (напір брутто – 3 м) на цій самій річці в с. Мишковичі Тернопільського району. Обидві зазначені станції зведені в місцях, де раніше працювали водяні млини. Їх також об'єднує особливо низький напір води (не перевищує 3 метрів) і наявність у складі їхніх гідроагрегатів мультиплікаторів і підвищувальних ремінних передач з різними видами ременів (мультиплікатор – це підвищувальний редуктор). Наявність третього компонента у складі гідроагрегату знижує його надійність, підвищує його вартість і спричинює додаткові втрати енергії. Тому є всі причини для того, щоб проектувати низьконапірні малі ГЕС з прямим з'єднанням валів електричних генераторів і гідротурбін. У цій статті розглянемо шляхи вирішення зазначеної проблеми.

В якості генераторів малих ГЕС застосовують переважно серійні асинхронні машини з синхронними частотами обертання роторів 750, 1000, 1500 і 3000 об/хв. Інколи вдається знайти у продажу серійний асинхронний генератор з частотою обертання валу 600 об/хв.

В якості гідротурбін низьконапірних мікро- і мініГЕС застосовують переважно трубчасті осьові турбіни – пропелерні або поворотнолопатеві. В Україні єдиним виробником таких турбін є ТОВ «Мінігідро» (м. Харків). Це підприємство виготовляє на замовлення чотирилопатеві трубні Г-подібні пропелерні турбіни моделей Т-32, Т-50, Т-65 і Т-90 з діаметрами робочих коліс відповідно 32, 50, 65 і 90 см. Якщо на мікроГЕС напір – до 3 метрів, а витрата води – від 1 м³/с до 4 м³/с, то обійтися без

мультиплікатора або підвищувальної ремінної передачі у складі гідроагрегату, використовуючи представлені на вітчизняному ринку гідротурбіни та серійні електрогенератори, неможливо. Наприклад, найменша турбіна типу Т-32 за напору 3 м має такі характеристики: частота обертання валу – 843 об/хв, витрата води – 0,37 м³/с, потужність на валу – 10 кВт. Турбіна наступного типорозміру Т-50 за цього ж напору 3 м має частоту обертання валу 540 об/хв, витрату води 0,9 м³/с, потужність на валу 24 кВт. Нехай ми маємо асинхронний генератор потрібної потужності з робочою частотою обертання 769 об/хв (коефіцієнт ковзання – 2,5 %). Ми можемо застосувати пряме з'єднання валів турбіни та генератора? Ні, не можемо. У випадку турбіни Т-32 ми повинні використати, наприклад, редуктор з передавальним відношенням 1,1:1, а у випадку турбіни Т-50 – мультиплікатор з передавальним відношенням 1:1,42. І в обох цих випадках витрата води є меншою від потрібної, тобто від 1 м³/с.

Автори цих тез вже володіють певним досвідом проектування робочих коліс гідротурбін для низьконапірних мікроГЕС [2, 3]. Наше поточне завдання – підвищення енергетичної ефективності низьконапірної мікрогідроенергетики шляхом застосування прямого (муфтового) з'єднання гідротурбіни з електрогенератором. Задля його вирішення ми пропонуємо виконати два наступні кроки:

За потреби підвищення швидкохідності гідротурбін замінити чотирилопатеві робочі колеса три- або дволопатеви. Коефіцієнт швидкохідності трилопатевої турбіни у $4/3=1,3333$ рази більший, ніж чотирилопатевої. Швидкохідність дволопатевої турбіни перевищує аналогічний показник чотирилопатевої турбіни у 2 рази.

Шляхом підбирання кількості лопатей (4, 3 або 2) і діаметру (з точністю до 1 сантиметра або навіть 1 міліметра) робочого колеса гідротурбіни «підганяти» частоту обертання її валу до робочої частоти обертання валу серійного (і, відповідно, відносно дешевого) електрогенератора (наприклад, 769 об/хв).

Дволопатеві низьконапірні гідротурбіни – це наше ноу-хау. За частот обертання не більше 700÷800 об/хв вони повинні забезпечувати достатню кавітаційну стійкість. Дволопатеві робочі колеса гідротурбін досить легко балансувати (з урахуванням того, що в зазначених колесах застосовуються відносно високі значення густин ґраток l/t).

Трилопатеві гідротурбіни у вітчизняному гідротурбобудуванні, на жаль, також не представлені. За кордоном їх випускають спеціалізовані підприємства під різними торгівельними марками, однак їхні очевидні переваги – наприклад, висока швидкохідність, не афішуються і дуже часто взагалі нівелюються.

Література

1. Зінь М.М., Підгайний Ю.Б. Екологічні проблеми подальшого розвитку малої гідроенергетики в Україні / Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, 28–29 листопада 2018 р.) – Т.3. – Тернопіль: ТНТУ, 2018. – С. 29, 30.
2. Зінь М.М., Підгайний Ю.Б. Особливості проектування осьових робочих коліс для трубних гідротурбін / Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій», присвяченої 55-річчю заснування ТНТУ та 170-річчю з дня народження Івана Пулюя. – Тернопіль: ТНТУ, 2015. – С. 182, 183.
3. Зінь М.М., Підгайний Ю.Б. Робоче колесо для пропелерної гідротурбіни / Матеріали XIX Наукової конференції Тернопільського національного технічного університету ім. І. Пулюя. – Тернопіль: ТНТУ, 2016. – С. 164, 165.